

高強度鋼板を用いたハット型部材の衝撃吸収特性向上

Improvement of Crashworthiness in Hat-shaped Components Made of High-strength Steel Sheet

古 迫 誠 司*
Seiji FURUSAKO児 玉 真 二
Shinji KODAMA徳 永 仁 寿
Masatoshi TOKUNAGA泰 山 正 則
Masanori YASUYAMA広 瀬 智 史
Satoshi HIROSE

抄 録

自動車の衝突安全性向上と軽量化を実現するため、車体に高強度鋼板の適用が拡大しつつある。しかし高強度鋼板を用いた部材の、例えば衝撃吸収特性のような性能を十分に発揮するには、溶接部破断を抑制する必要がある。溶接強度の改善策として、テンパー後通電を伴うスポット溶接、溶接材料の使用により溶接金属の特性を制御可能なアークスポット溶接、さらにスポット溶接と他溶接法の組合せを試した。その結果、いずれの手段も溶接部破断防止に有効であり、通常条件のスポット溶接部材よりも高い衝撃吸収特性が得られた。即ち、溶接部の信頼性向上を通じ、高強度鋼板を用いた部材の性能を高度に発揮できる可能性を示した。

Abstract

In order to realize improvement of collision safety and weight reduction of automobiles, the application of high strength steel sheet to the car body is expanding. However, in order to exhibit performance such as crashworthiness of a component using a high strength steel sheet, it is necessary to suppress weld fracture. In this report, we tried resistance-spot-welding with post heat for tempering, arc-spot welding that can control the characteristics of weld metal by using welding material, and a combination of spot welding and other welding methods to improve welding strength. As a result, these means are effective for preventing the fracture of the weld, and showed a higher crashworthiness as compared with a component welded under a conventional spot-welding condition. That is, through the improvement of the reliability of the weld, the possibility to demonstrate the high performance of the component using the high strength steel sheet was shown.

1. 緒 言

自動車の衝突安全規制の強化と燃費改善を狙う軽量化に
 応えるため、車体に高強度鋼板の適用が拡大しつつある^{1,2)}。
 車体に用いる高強度鋼板はプレス成形されて製品（部品）
 となるため、強度に加え、優れた加工性を持つ必要がある。
 強度と加工性は相反する特性であり、これらを両立するに
 は、C や Mn, Si といった元素の添加量を調整すること、
 および製造プロセスにおいて組織制御をすることが必要と
 なる。一方、高強度鋼板の形状凍結性向上とプレス時の加
 工力低下を目的としてホットスタンプ鋼板の採用も進むが、
 強度や焼入れ性の確保のため、やはり C や Mn などが添加
 される。こうした合金元素の添加は一般に溶接性を阻害し
 てしまう。例えば、車体組付けにおいて主流の溶接法であ

る抵抗スポット溶接の継手強度が低くなり^{3,4)}、問題となる
 場合がある。溶接部の破断が容易になると車体の衝突性能
 が不安定となるため、種々の溶接強度改善策が提案されて
 きた。

本報では、高強度鋼板を用いたモデル部材の曲げ試験に
 おいて、溶接プロセスを工夫して溶接部破断防止を検討し
 た結果を述べる。具体的には、アークスポット溶接の活用^{5,6)}
 や抵抗スポット溶接の通電パターン改善（本通電後のテン
 パーを狙った通電）、スポット溶接と他の溶接法の組合せ
 による溶接部破断防止の効果を述べる。こうした溶接部の
 信頼性向上を通じ、高強度鋼板を用いた部材の衝撃吸収特
 性を高度に発揮する可能性を探った。

* 鉄鋼研究所 接合研究部 主幹研究員 工博 千葉県富津市新富 20-1 〒 293-8511

2. アークスポット溶接活用およびスポット溶接 通電パターン工夫による衝撃吸収特性向上

2.1 実験方法

本節の実験では、板厚が1.4mmのS45C鋼を供した(本鋼のような中炭素鋼は環境負荷やコストの点で有利であるため、将来的に自動車用材料としての活用が期待される)。その化学成分を表1に示す。供試鋼は0.44質量%の炭素を含有する。供試鋼を1193Kでかつ窒素雰囲気の中、300s間保持した後、取り出し、直ちに型で焼入すると同時に図1に示すハット形状に成形した。部材の長さは800mmとした。その後、部材の強度が1180MPa級となるよう、633Kで12.6ksの間焼鈍した。同じ熱処理を短冊型の供試鋼に対しても実施した。

そして、ハット形状成形材のフランジと短冊型鋼を重ね合わせ、その部位を抵抗スポット(RS)溶接またはアークスポット(AS)溶接した。RS溶接では、2枚の鋼板重ね面のナゲット径が $3.0\sqrt{t}$ (t は鋼板の板厚を意味する。ここでは1.4mm)、 $4.0\sqrt{t}$ 、そして $5.0\sqrt{t}$ となるよう溶接条件を調整した。RS溶接のピッチは40mmとした。ナゲット径が $5.0\sqrt{t}$ の場合、ナゲット形成後にテンパーを狙った通電を実施し、ナゲットの焼戻しが部材の衝撃吸収特性に及ぼす影響も評価した。

AS溶接の場合、溶接機としてCold Metal Transfer(CMT)電源を用いた。安定した溶込みを得るため、ハット形状成形材のフランジの溶接部位には、溶接前に直径4mmの穴をあけた。溶接時のワイヤの狙いは穴の中心とし、また静止アークとした。CMT電源の場合、設定した溶接ワイヤの送給速度(入熱に相当)を得るため、電圧や電流は自動

的に決定される。溶接には直径が1.2mm、強度クラスが490MP級の溶接ワイヤを用いた。溶接ワイヤの化学成分を表2に示す。このように本研究では、供試鋼の強度よりも低い強度の溶接ワイヤを選択した。溶接中に供試鋼と溶接ワイヤの成分が混合することで溶接金属硬さを低下させることが可能である。この硬さ低下により溶接金属のじん性は向上し、継手強度が改善されると考えた。AS溶接においては、溶接ワイヤの送給速度を変化させることで溶接金属の直径を変化させた。2枚の鋼板重ね面における溶接金属の直径は $1.7\sqrt{t}$ 、 $5.3\sqrt{t}$ 、そして $5.8\sqrt{t}$ であった。溶接のピッチはスポット溶接と同様40mmとした。

溶接金属の形状を調査するため、溶接部中心を通る断面を鏡面研磨し、ピクリン酸水溶液を用いて腐食した後に観察した。加えて、スポット溶接のナゲット径 $5.0\sqrt{t}$ および $5.0\sqrt{t}$ でテンパー通電も実施した条件で、そしてAS溶接の場合溶接金属径 $5.8\sqrt{t}$ で、それぞれの溶接部のビッカース硬さ分布を測定した。硬さは、上側鋼板の重ね面側表面から0.2mm離れた位置において、測定荷重9.8N、測定ピッチ0.2mmで測定した。

作製した部材に対し動的な三点曲げ試験を実施した。三点曲げ試験のセットアップを図2に示す。部材は、半径が30mmで間隔が700mmの2つの支持ロールに置かれた。そして部材を上部に設置された半径50mmのインパクトに速度2m/sで衝突させた。荷重はインパクトの上に設置されたロードセルで測定した。この試験において、部材は短冊型鋼板を上側とする配置とし、短冊型鋼板をインパクトに衝突させた。これは、ハット形状成形材よりも短冊型鋼板をインパクトに衝突させた方が溶接部に働く荷重が高く、溶接部品質の良否が明確になると考えたため

表1 供試鋼の強度クラスと化学成分

Mechanical properties and chemical compositions of the steel used

Thickness (mm)	Grade (MPa)	C	Si (mass%)	Mn
1.4	1180	0.44	0.21	0.78

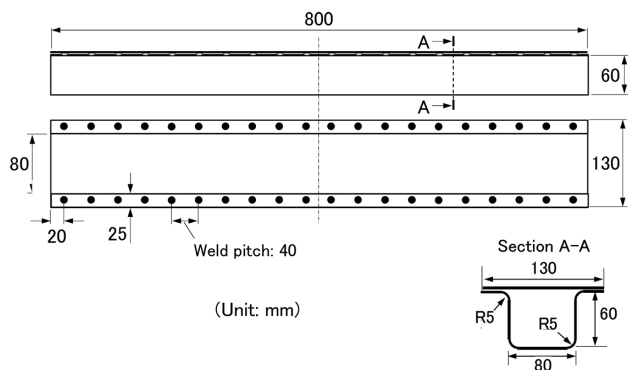


図1 ハット型部材の模式図
Schematic of the hat-shaped component

表2 溶接材料の強度クラスと化学成分

Mechanical properties and chemical compositions of the welding consumable used

Diameter (mm)	Grade (MPa)	C	Si (mass%)	Mn
1.2	490	0.07	0.7	1.4

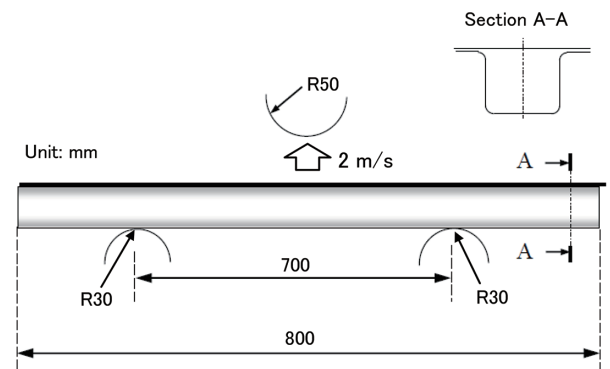


図2 三点曲げ試験のセットアップ
Setup for three-point bending test

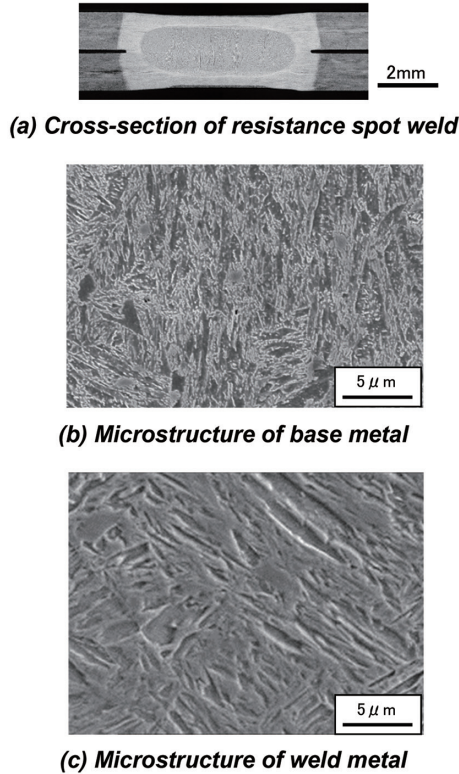


図3 抵抗スポット溶接部の断面およびマイクロ組織
Cross-section and microstructure of resistance-spot-weld

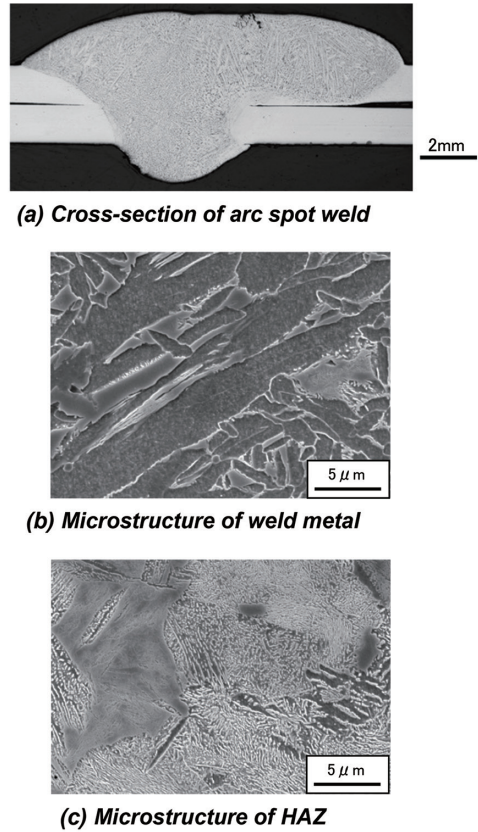


図4 アークスポット溶接部の断面およびマイクロ組織
Cross-section and microstructure of arc-spot-weld

ある。

2.2 実験結果および考察

2.2.1 溶接部の断面観察結果および硬さ測定結果

ナゲット径 $5.0\sqrt{t}$ のスポット溶接部断面を図3(a)に示す。RS溶接部は溶接中に電極による加圧と入熱を受け凹状の断面形状となる。母材および溶接金属(ナゲット)の組織を図3(b)(c)に示す。母材には焼戻しマルテンサイトが観察された。この組織は上述した焼入れと焼戻しの熱処理を受け形成された。溶接金属やそれに隣接する熱影響部(HAZ)にもマルテンサイトが生成したが、炭化物は殆ど観察されなかった。これは溶接部の冷却速度が高く、焼入れ後のオートテンパ(焼入れ後の冷却過程で起こる焼戻し)が起きなかったためである。

溶接金属径 $5.3\sqrt{t}$ のAS溶接部の断面と組織を図4に示す。AS溶接の場合、RS溶接と異なり貫通溶接となり、溶接部の表裏面に余盛が形成された。AS溶接部の溶接金属の主相はフェライトであり、残りの多くはパーライトが占めた。HAZにはマルテンサイトに加え、フェライトやパーライトも観察された。このようにAS溶接部において、部位に応じて組織が相違するのは、母材と溶接ワイヤの成分混合(希釈)に依る。

さらにRS溶接部とAS溶接部のHAZ組織も異なった。これは溶接後の冷却速度の相違(AS溶接の方が緩冷却)に

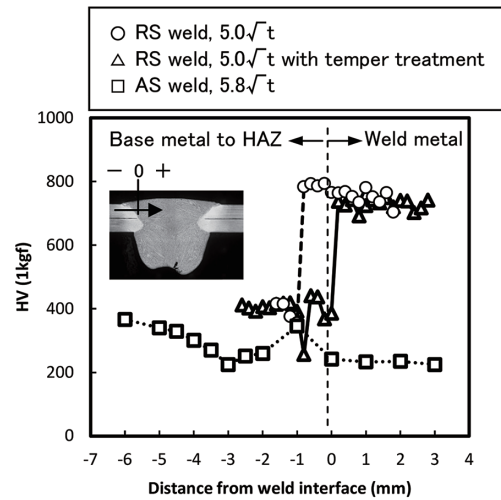


図5 溶接部硬さ分布
Distribution of hardness in the weld

起因したと推測される。

溶接部のビッカース硬さ分布を図5に比較する。RS溶接部のナゲットのビッカース硬さはHV700に達した。この値は炭素量から推定されるマルテンサイト硬さと同等であり、上述した組織観察結果に対応した。一方、ナゲット形成後にテンパー通電を実施したRS溶接部では、ナゲット端部や隣接するHAZの硬さはHV400まで低下していた。この軟化は、この部位に生成したマルテンサイトがテンパー通電によって焼戻されたためである。

一方、溶接金属径 $5.8\sqrt{t}$ の AS 溶接部の溶接金属硬さは HV250 と、RS 溶接部のそれよりも低かった。また HAZ の最高硬さも同様に AS 溶接部の方が低く、これは上述したように比較的軟質な組織が生成したためである。この AS 溶接部および $5\sqrt{t}$ の RS 溶接部の溶接金属から離れた部位には、母材がさらに焼戻されて軟化した、いわゆる HAZ 軟化部が確認された。この軟化部の幅は RS 溶接部の方が狭かった。この結果は RS 溶接の入熱が小さく、焼戻しが起こる温度域（顕著な軟化が起こるのは $773\sim 1000\text{K}$ の範囲）に到達した領域が狭いことに起因したと考えられる。

2.2.2 三点曲げ試験結果

2.2.2.1 抵抗スポット溶接 (RS) 部材

RS 溶接した部材に対する三点曲げ試験で得られたインパクターの変位 (部材押し込み量) と荷重の関係を図 6 に示す。ナゲット径が増加すると共に荷重レベルが徐々に増加し、またテンパー通電を行った $5.0\sqrt{t}$ 条件の荷重が他条件の荷重よりも高かったことが分かる。これらの結果は後述するように、(1) 三点曲げ試験中に破断する溶接部の数がナゲット径の増加やテンパー通電によって減少したこと、(2) その結果、 20mm 以上の変位でも部材剛性が高いまま維持されたことが理由と推測される。

2.2.2.2 アークスポット (AS) 溶接部材

AS 溶接された部材の三点曲げ試験で得られた変位と荷重の関係を図 7 に示す。荷重レベルは溶接金属径の増加に伴い上昇した。これは、RS 溶接部材と同様、溶接金属径の増加に伴い曲げ試験中に破断する溶接部の点数が減少し、部材剛性が維持されたためと考えられる。

次に RS 溶接および AS 溶接された部材の衝撃吸収特性を比較する。中でもその特性が優れた数条件を選択した。即ち、RS 溶接の場合、ナゲット径 $5.0\sqrt{t}$ および $5.0\sqrt{t}$ でテンパー通電ありの条件を、AS 溶接の場合、溶接金属径 $5.8\sqrt{t}$

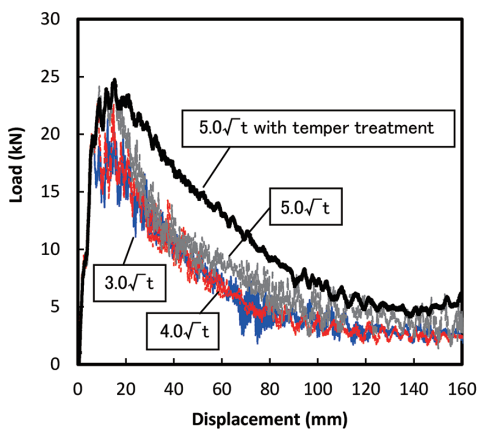


図 6 RS 溶接部材の三点曲げ試験で得た荷重-変位線図
Load-displacement curves obtained for the three-point bending test for spot-welded components

の条件を選択した。これらの条件の変位と荷重の関係を図 8 に示す。本図より、AS 溶接部材の荷重が、ナゲット径 $5.0\sqrt{t}$ の RS 溶接部材のそれよりも全変位範囲で高かったことが分かる。また、AS 溶接部材の荷重が、 $5.0\sqrt{t}$ でテンパー通電ありの RS 溶接部材の荷重に対しては 25mm 以下の変位範囲で高かったことも分かる。

$0\sim 100\text{mm}$ の範囲の変位で積分した荷重で吸収エネルギー (AE) を定義する。全条件の AE (n 数 2 の平均) を図 9 に比較する。両溶接部材の AE が溶接径の増加に伴い上昇したことが分かる。また、ナゲット径 $5.0\sqrt{t}$ の RS 溶接部材の AE は、テンパー通電によって 26% 向上した。溶接金属径 $5.0\sqrt{t}$ の条件で比較すると、AS 溶接された部材の AE は、 $5.0\sqrt{t}$ でテンパー通電無しの RS 溶接部材の値よりも 25% 高かった。AS 溶接の溶接金属径 $5.0\sqrt{t}$ の AE は、溶接金属径と AE の間に線形性があると仮定した上で、溶接金属径 $1.7\sqrt{t}$ および $5.3\sqrt{t}$ のときの AE を用いて求めた。

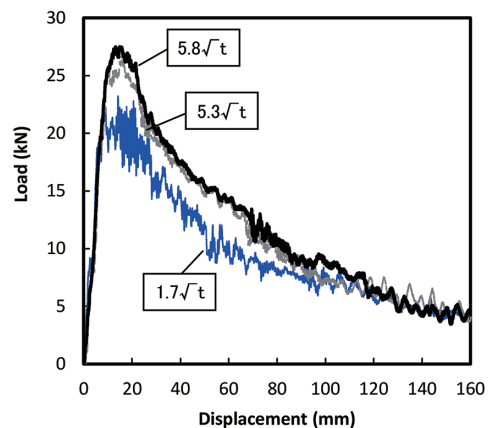


図 7 AS 溶接部材の三点曲げ試験で得た荷重-変位線図
Load-displacement curves obtained for the three-point bending test for arc-spot-welded components

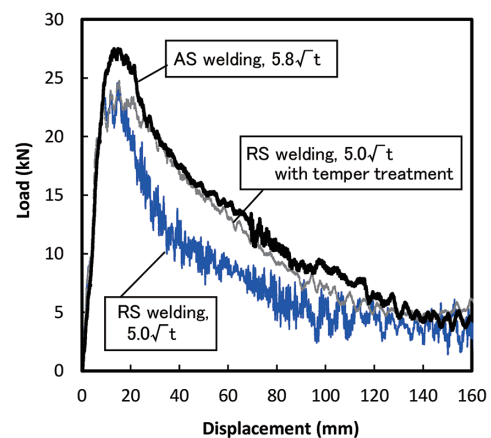


図 8 RS 溶接部材および AS 溶接部材の三点曲げ試験で得た荷重-変位線図の比較
Comparison of load-displacement curves obtained in the three-point bending test between the resistance-spot-welded- and arc-spot-welded-components

2.2.2.3 部材の圧潰挙動

三点曲げ試験後に撮影した数条件の部品外観を図10に示す。ナゲット径 $3.0\sqrt{t}$ のRS溶接部材では、曲げ試験中に全ての溶接部が破断分離した。ナゲット径を $5.0\sqrt{t}$ まで増加させると溶接破断点数が減少し、さらにテンパー通電を実施すると溶接部の破断が抑制された。AS溶接部材で溶接金属径を $5.8\sqrt{t}$ とした場合も溶接部破断が抑制された。

三点曲げ試験における全条件の溶接部破断点数 (n 数2の平均) を図11に比較する。このとき溶接部が2つに分離した場合にそれを“破断した溶接部”として数えた。本図より、AS溶接部材においても、破断した溶接部の点数が溶接金属径の増加に伴い減少したことが分かる。AS溶接の場合、溶接金属径が $1.7\sqrt{t}$ であっても破断した溶接部は6点であった。これは、ナゲット径が $3.0\sqrt{t}$ のRS溶接部材において全ての溶接部が破断した結果を考慮すると、RS溶接部よりもAS溶接部の方が強度および(または)じん性の点で優れていたことを意味する。この傾向は、AS

溶接継手の十字引張強さがRS溶接継手のそれよりも高かった結果にも反映された⁵⁾。

三点曲げ試験中の部材圧潰挙動を図12に示す。全条件の中から、RS溶接ではナゲット径が $3.0\sqrt{t}$ 、 $5.0\sqrt{t}$ 、そして $5.0\sqrt{t}$ でテンパー通電を実施した条件を示し、AS溶接では溶接金属径が $5.8\sqrt{t}$ の条件を選択して示した。図には部材の長手中央、即ちインパクトと衝突した部分が拡大されている。ナゲット径 $3.0\sqrt{t}$ のRS溶接部材の場合、溶接部は変位が約10mmのとき破断し、同時にハット形部材の壁面に“ゆがみ”(内向きに倒れる変形)が見られた。こうした溶接部の破断は、ハット形状成形材の変形に伴い溶接部が受ける荷重が増加することで引き起こされた可能性がある。変位が10mmを超え部材縦壁の変形が加速されたことを受け、図6に示したように荷重レベルが低下したと思われる。

ナゲット径が $5.0\sqrt{t}$ の場合、変位が15mm以下の範囲では、ハット形状成形部材の断面崩壊は見られなかった。変位20mmで溶接部の破断が確認され、また変位40mmではハット形状成形部材断面の崩壊が観察された。この断面崩壊が、図6に示した変位20mm以降の部材の荷重低下

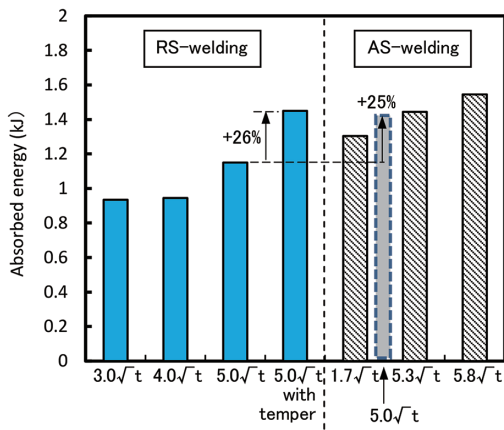


図9 RS溶接部材およびAS溶接部材の吸収エネルギーの比較
Comparison of average absorbed energy between resistance-spot-welded- and arc-spot-welded-components

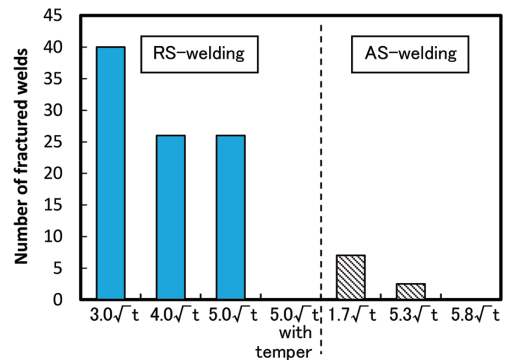


図11 三点曲げ試験における各部材の溶接部破断点数
Number of fractured welds of each component during the three-point bending test

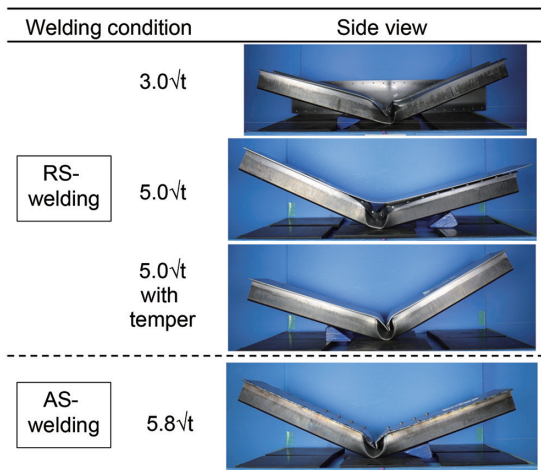


図10 三点曲げ試験後の部材外観
Appearance of the components after the three-point bending tests

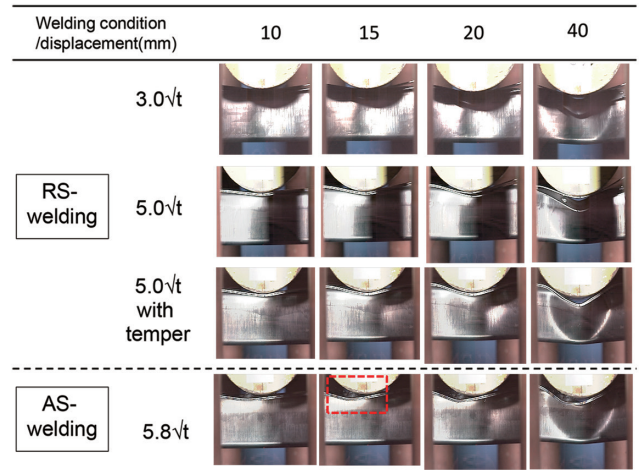


図12 三点曲げ試験における部材中央の圧潰挙動
Crash behavior around the center of the components during the three-point bending test

を引き起こしたと考えられる。

ナゲット径 $5.0\sqrt{t}$ でテンパー通電した条件では、試験中に溶接部は破断せず、ハット形状成形材と矩形の鋼板は一体のまま変形した。この場合、ハット形状成形材と矩形の鋼板がお互いに変形を抑制し合い、部材の剛性が高く維持される。このため図 6 のように、曲げ試験において高い荷重が維持されたものと推測される。

溶接金属径 $5.8\sqrt{t}$ の AS 溶接部材の圧潰挙動も図 12 に示している。この条件の溶接部は曲げ試験中に破断しなかった。変位が 10mm のとき、部材中央から 20mm 左に位置する溶接金属の余盛が、破線の長方形で示した位置でインパクトに衝突したことが分かる。つまり、インパクトは少なくともこの余盛と部材中央部の二か所で接触した。こうした他条件とは異なるインパクトとの接触状態を通じて、部材の応力負担領域が拡大し、初期の断面崩壊が抑制されたものと考えられる。

図 8 に示したように変位 15mm 近傍において、溶接金属径 $5.8\sqrt{t}$ の AS 溶接部材の荷重は、ナゲット径 $5.0\sqrt{t}$ でテンパー通電した RS 溶接部材の値よりも高かった。この AS 溶接部材の高荷重は、RS 溶接部材と比較して AS 溶接部材の“断面崩壊が遅れる”ことによって引き起こされた可能性がある。しかし図 8 のように、両者の荷重は変位 25mm 以上の範囲で概ね一致した。従って、部材断面が崩壊を開始した後は同様な変形が進行した(部材剛性が同等となった)ものと考えられる。

ナゲット径が $5.0\sqrt{t}$ の RS 溶接部材および溶接金属径が $5.3\sqrt{t}$ の AS 溶接部材において、曲げ試験時に破断した溶接部の断面を図 13 に示す。RS 溶接部材の場合、溶接部の破壊は 2 枚の鋼板の界面方向または板厚方向に進展した。AS 溶接された部材でも両方の破断形態が生じた。断面観察の前に溶接部破面の走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察も行った。この破面写真も図 13 に示す。2 枚の鋼板の界面

で破断した RS 溶接部には粒界破面が観察された。破面単位のサイズから判断すると、デンドライトの粒界が破面に露出したと推測される。一方、板厚方向に破断した RS 溶接部の場合、HAZ の旧オーステナイト粒界が破面に露出したと考えられる。

AS 溶接部材の SEM による破面写真も図 13 に示す。溶接部が 2 枚の鋼板の界面で破断しても破面は傾斜したディンプルを呈し、これは溶接部がせん断破壊したことを示唆する。

板厚方向に破断した溶接部の破面にも同様にディンプルが観察された。このように、RS 溶接部と AS 溶接部の破面に明らかな差異が見られた。この破面形態からも、じん性の点で AS 溶接部が RS 溶接を上回っていたと推測される。こうした AS 溶接部の優位性を通じ、AS 溶接部材が RS 溶接部材よりも衝撃吸収特性に優れているといえる。

3. 溶接法組合せによる衝撃吸収特性向上

3.1 FEM (Finite Element Method) 解析を活用した溶接部の破断予測

前章ではハット型部材の溶接部破断抑制を狙い、RS 溶接では全溶接点に対しナゲット径拡大やテンパー通電を実施し、あるいは全溶接点を RS 溶接から AS 溶接に置き換えた。しかし部材の溶接点にどの程度の荷重が負荷されるのか、さらに破断の危険性があるのか、FEM 解析を通じ予測が可能である。この予測結果を考慮すれば、破断の危険性の高い溶接点に限って対策を施すことが可能となり、部材の作製において効率的である。そこで次節にスポット溶接部破断予測ソフトウェア (NSafe®-SPOT) を活用し、対策が必要な溶接部を各種溶接法の組合せによって補強し、衝撃吸収特性を向上させた例を示す。

3.2 溶接法組合せによる衝撃吸収特性向上の効果

NSafe®-SPOT を用いて三点曲げ試験の解析を行い、各溶接部への荷重とその破断危険率を求めた。このときの部材形状や溶接のピッチは図 1 に示したものと同様とし、また全溶接点のナゲット径は $3\sqrt{t}$ とした。鋼板強度は 1470MPa 級とし、これは炭素量が約 0.2% の 1470MPa 級ホットスタンプ鋼 (板厚 1.4mm) を対象としたものである。部材の拘束や境界条件は、図 2 の試験を再現するよう設定した。解析の結果、インパクトと衝突する部材中央の溶接部はせん断力で破断することが予測され、これに伴い隣接する溶接部の剥離力が急増し破断することが予測された。この結果から、部材中央の溶接部に対してはナゲット径拡大が破断防止に有効と考えられた。ナゲット径 (接合面積) 拡大は溶接部のせん断強度を向上させる効果が高いからである。一方、隣接する溶接部の破断対策としては、大きな剥離力が生じないよう連続接合が有効と考えられた。

具体的な対策を図 14 に示す。即ち、部材中央のナゲッ

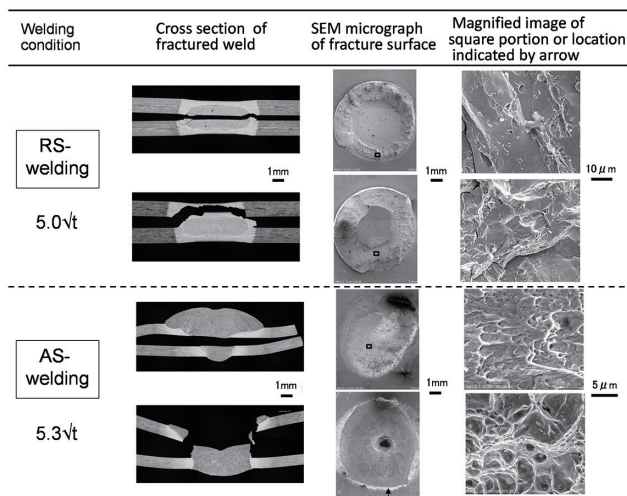


図 13 三点曲げ試験中に破断した溶接部の断面と SEM 写真
Cross-sections and SEM micrographs of fractured welds during the three-point bending test

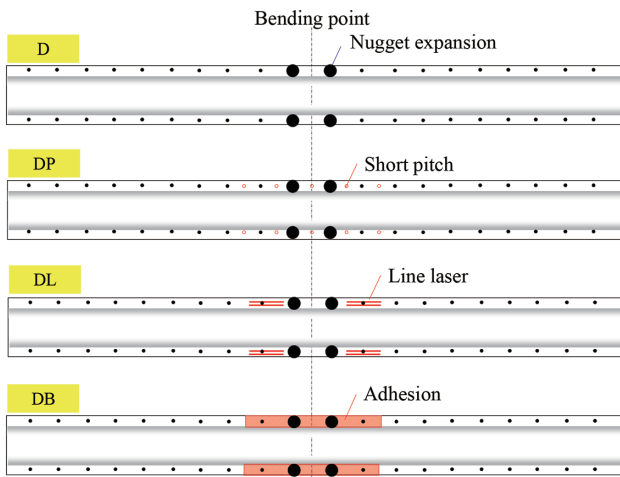


図 14 溶接部破断対策を施した部材の模式図
Schematic diagram of components with weld-fracture-countermeasures

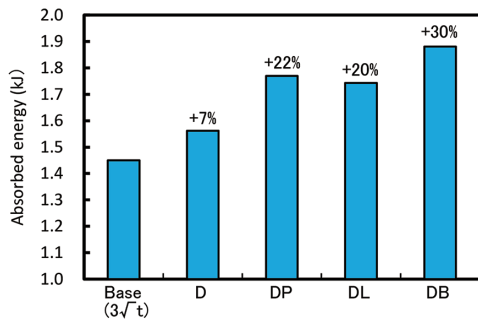


図 15 各破断対策を施した部材の吸収エネルギー
Absorbed energy of component with each weld-fracture-countermeasures at 100mm stroke

ト径拡大 (6√t 化, 条件 D), ナゲット径拡大+溶接点増し打ち (条件 DP), ナゲット径拡大+レーザ線溶接追加 (条件 DL), ナゲット径拡大+構造用接着剤追加 (条件 DB) である。これらの効果を実証した結果を図 15 に示す。対策無しの比較条件 (全て 3√t) の吸収エネルギーよりも対策有りの条件のそれが高かったことが分かる。

それぞれの AE 向上率は、D が 7%, DP と DL が 20% 程度、DB が 30% であった。即ち、中央溶接部のナゲット径拡大と隣接溶接部補強の組合せが AE 向上効果に優れた。試験後の外観を図 16 に示すように、D では溶接部の破断を抑制できなかった。隣接溶接部の破断によって中央溶接部やさらに外側の溶接部の破断が引き起こされた可能性がある。DP, DL, DB のように負荷荷重の高い中央と隣接する溶接部の破断をほぼ抑制することで、その外側の溶接部の破断も抑制でき、高い衝撃吸収特性を発揮できた。さらに DB では、面接合によるフランジの変形拘束効果も加わるため、最大の AE を示したと推測される。

以上、解析を活用した、高強度鋼板部材の効率的な溶接部破断対策を述べた。こうした手法は本報のモデル部材に限らず、車体においても有効と考えられる。

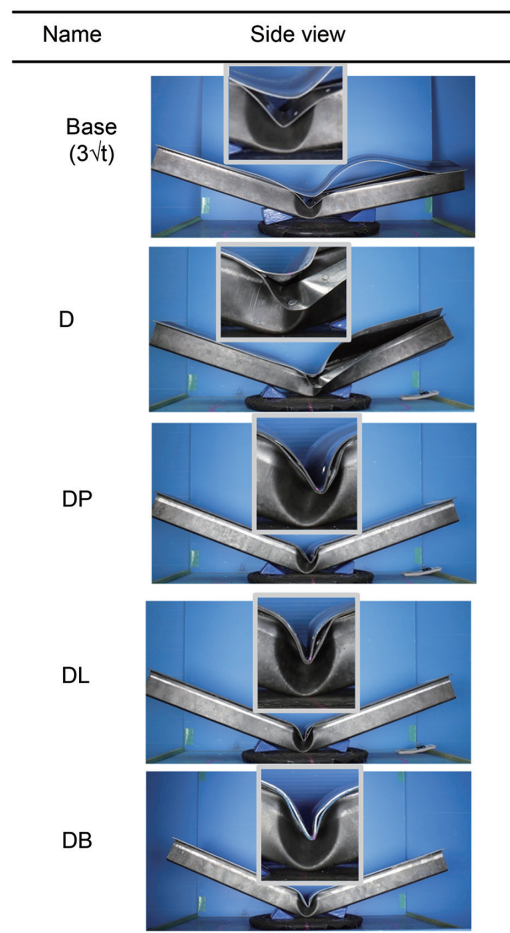


図 16 各種破断対策を施した部材の三点曲げ試験後外観
Appearance of the components with weld-fracture-countermeasures after the three-point bending test

4. 結 言

車体の軽量化と衝突安全性向上に向け、これまでに開発された高強度鋼板に加え、安価で環境負荷低減も狙える中高炭素鋼の使用も期待される。こうした高強度鋼板の性能を高度に発揮するには、溶接部破断を抑制可能な信頼性の高い接合法の提案が必須である。それが例えば本報で紹介した、多段通電式のスポット溶接やアークスポット溶接、または溶接部負荷に対応する溶接法の組合せといえる。これらに加え、溶接部負荷自体を低減する部材断面構造の工夫も有効な手段となる。

今後も高度化するニーズに対応するため、材料開発と共に利用技術に関する技術革新を進めて行く必要がある。これらの開発が自動車産業を支える基盤となることを期待する。

参考文献

- 1) 佐藤章仁：高強度鋼板の問題点とその対応. Journal of the JSTP. 46 (534), 548-551 (2005)
- 2) Clare, G.: Welding Advanced High-strength Steel is Pushing Welding Technology. Penton's Weld Mag. 81 (3), 14-16, 18 (2008)

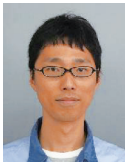
- 3) Oikawa, H., Murayama, G., Hiwatashi, S., Matsuyama, K.: Resistance Spot Weldability of High Strength Steel for Automobiles and The Quality Assurance of Joints. *Welding in the World*. 51 (3/4), 7-18 (2007)
- 4) Herai, T., Takahashi, Y.: Resistance Spot Welding of High Strength Steel Sheets, IIW Doc. III-612-79
- 5) Furusako, S. et al.: Strength of Arc Spot Welded Joints in a High Strength Steel Sheet. SAE 2014 World Congress, Material, 2014-01-0786
- 6) 古迫誠司 ほか：アークスポット溶接された高強度鋼板継手の疲労強度(第1報). 溶接学会全国大会概要. No.96, p.114-115



古迫誠司 Seiji FURUSAKO
鉄鋼研究所 接合研究部
主幹研究員 工博
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511



児玉真二 Shinji KODAMA
鉄鋼研究所 接合研究部
主幹研究員 工博



徳永仁寿 Masatoshi TOKUNAGA
鉄鋼研究所 接合研究部
主任研究員



泰山正則 Masanori YASUYAMA
鉄鋼研究所 接合研究部
首席主幹研究員



広瀬智史 Satoshi HIROSE
鉄鋼研究所 利用技術研究部
主幹研究員 工博